



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

SISTEMAS DE PROTECCIÓN ACTIVA. POSIBLE IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA EN LOS VCI/C PIZARRO.

Autor

CAC D. Daniel Hidalgo Burón

Director/es

Director académico: Dra. D.^a Inés Caveró Peláez

Director militar: Cap. D. Aritair Eliazar Román Alamillo

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar
Año 2018-2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todo el personal involucrado en la realización de este proyecto, en especial a los tutores académico y militar, Dra. Inés Caveró Peláez y Cap. Aritair Eliazar Román Alamillo respectivamente. Del mismo modo merece un reconocimiento todo el personal del 2º ELAC del grupo Cazadores de África destacando la labor del Tte. Alfonso Albar Bello.

Así mismo son dignos de mención todos los componentes del escalón del Regimiento "Montesa" 3 por su ayuda en los asuntos más técnicos del proyecto.

RESUMEN

Debido a las altas necesidades de adaptación del Ejército de Tierra (ET) a las modalidades de combate (tanto convencional como no convencional), las nuevas tecnologías y a la alta necesidad de protección que requieren las tropas y este tipo de material tan especializado, resulta conveniente desarrollar un sistema de protección activa que sea capaz de neutralizar amenazas externas para los Vehículos de Combate de Infantería y Caballería (VCI/C) Pizarro. Los vehículos blindados y acorazados tienen la mayor potencia de combate del ejército, por ello son especialmente sensibles a ser objetivos a destruir en las misiones que se desarrollan en el extranjero, pero actualmente tienen un déficit en relación a la seguridad que portan. Por ello se ha visto necesario implantar un sistema de protección activa que proteja a estos vehículos de las incidencias que puedan acaecer en el campo de batalla.

En el presente trabajo se ha hecho una investigación con el objetivo de identificar cuál es el sistema más adecuado de entre los disponibles en el mercado actual, también se ha contemplado la posibilidad de diseñar un sistema de creación propia basado en los ya existentes pero incorporando la tecnología propia del ejército español con los elementos en dotación o adquirir aquellos necesarios. Finalmente tras estudiar ambos casos económica y eficazmente se procederá a tomar la decisión de adquirir el sistema completo de manera externa y por último se procederá a su instalación.

Para ello se ha realizado previamente un análisis de mercado en el que se muestran los diferentes sistemas existentes con sus características propias y una tabla comparativa de todas ellas, así mismo se ha estudiado la estructura del vehículo en el cual se va a implementar dicho sistema con el objetivo de determinar la posibilidad de implantación y en caso negativo aplicar los cambios necesarios al vehículo para poder instalar todos los elementos de los que se compone. Simultáneamente se confeccionará un ciclo de vida del proyecto sobre la base general del mismo, y en él se contemplará una idea de los tiempos y presupuesto que habrá que invertir en cada una de las fases del trabajo.

Posteriormente se realizará un estudio sobre las distintas municiones de los países que participan en misiones internacionales y los efectos que producen, así como también se encuestará al personal de la unidad para tener en cuenta su opinión sobre la peligrosidad de las mismas, determinando así, cuales son las más peligrosas y aquellas que debe abatir el sistema. También se hará un análisis económico sobre los elementos necesarios para elaborar un sistema de protección activa propio del ejército español y tener la capacidad de compararlo con la adquisición de uno de los sistemas expuestos anteriormente. Todo ello teniendo en cuenta los presupuestos generales del

estado del año 2018 para determinar la viabilidad del proyecto y comprobar si es posible llevarlo a cabo y materializarlo.

Tras el estudio de los apartados anteriores se concluyó que el sistema de protección activa TROPHY es el idóneo para los vehículos militares ya que posee ciertas características que le hacen distinguirse del resto. Es un sistema fiable y probado en combate real, lo cual aporta un plus de experiencia beneficioso a la hora de adquirirlo. Por último, gracias a este sistema se consigue el objetivo principal del trabajo: mejorar la seguridad de los elementos de combate, ya sean a pie o montados. También mejorará la moral de las tropas sintiéndose las mismas más seguras y se dará un paso adelante en la operatividad de las unidades del Ejército de Tierra que poseen el vehículo citado.

ABSTRACT

Due to the high needs of adaptation of the army to the new modalities of combat (both conventional and unconventional), the new technologies and the high necessities of protection that are required by the troops and this specialized material, it is useful to develop an active protection system for the Combat Infantry and Cavalry Vehicle (VCI/C) Pizarro capable to neutralize external threats. Combat power remains in different types of armored vehicles, that is the reason why they are very usually a target to be destroyed by the enemy on abroad missions, but nowadays they have some deficit on security skills that they carry. Therefore, it has been necessary to implement an active protection system that protects these vehicles from incidents that may occur on the battlefield.

On this paper an investigation has been done in order to identify what system is the most suitable to be set up among all those available in the current market. It has also contemplate the possibility of developed a self-created system based on the existing ones but incorporating the Spanish army technology with the elements on endowment or acquiring those which are necessary. Finally, after studying both cases by the economically and the effectively way, the decision of acquire the complete system externally will be made and finally it will proceed to its installation.

For this purpose, a market analysis has been previously carried out to show the different systems with their own characteristics that already exist and also a comparative table between these characteristics of each one. The structure vehicle in which this system is going to be implemented has been studied as well with the objective of determining the possibility of implementing the system and, if it is not possible, applying the necessary changes to the vehicle in order to install all the items needed. Simultaneously, a life cycle of the project will be drawn up on the general basis of it, and it will show an idea of the time and budget that will have to be invested in each phase of the work.

After this, a study of the different ammunition of the countries that participate in international missions was made, as well as the personnel of the unit will be surveyed to take into account their opinion of the dangerousness of the different types of the ammunition, and it determine the effects that these ammunition produce and which of them are the most dangerous ones and those that the system must be protected for. An economic analysis of the elements needed to develop a self-created active protection system has been also carried out to clarify the viability of the project and know and compare it with the acquisition of one of the systems described below. The general budgets of the state for 2018 will be taken into account to determine the feasibility of the project and determine if it is possible to carry out and materialize it.

Finally TROPHY active protection system has been elected as the best one for our vehicles due to it has some characteristics that make it distinguished above the rest. It is a reliable and probed system at real combat, so it gives us an extra point on experience. At last, thanks to that system we obtain the main objective: improve the security of combat elements, by feet or wheels. We also increase the moral of the troops and we take a step forward to update the army technology.

ÍNDICE

LISTADO DE ABREVIATURAS.....	8
LISTADO DE ILUSTRACIONES.....	9
LISTADO DE TABLAS.....	10
1.-INTRODUCCIÓN	11
1.1.- OBJETIVOS Y ALCANCE	12
1.2.-METODOLOGÍA.....	13
2.- ESTADO DEL ARTE.....	14
Tabla 3: Especificaciones técnicas de los sistemas de protección activa (2). Elaboración propia.	
3.- ANALISIS	20
3.1.- CICLO DE VIDA	20
3.2.- VCI PIZARRO Y SU ESTRUCTURA VEHICULAR.....	21
4.- MUNICIONES	23
4.1.- TIPOS DE MUNICIÓN	23
4.2.- ENCUESTA	25
5.- ESTRATEGIA DE RECURSOS.....	27
5.1.- MAKE OR BUY.....	28
5.2.- VIABILIDAD ECONÓMICA	28
6.- PROPUESTA.....	30
6.1.-DECISIÓN	30
6.2.- PRESUPUESTO FINAL.....	30
7.- CONCLUSIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXO A	36
ANEXO B.....	37
ANEXO C.....	40
ANEXO D	43

LISTADO DE ABREVIATURAS

AP	Armour Piercing
APAM	Anti Personnel – Anti Material
APDS	Armour Piercing Discarding Sabot
APFSDS	Armour Piercing Fine Stabilized Discarding Sabot
APS	Active Protection System
BMS	Battle Manage System
CAC	Caballero Alférez Cadete
CC	Carro de Combate
CCD	Charged Couple Device
CW	Continuous Wave (Onda Continua)
EFP	Explosively Formed Projectile
ET	Ejército de Tierra
EW	Electronic War (Guerra Electrónica)
HEAT	High Explosive Anti Tank
HEP	High Explosive Plastic
HESH	High Explosive Squash Head
HVAP	High Velocity Armour Piercing
IR	Infrarrojo
MADOC	Mando de Adiestramiento y Doctrina
MEFP	Multi Explosive Formed Penetrators
PELE	Penetrator with Enhanced Lateral Effect
RF	Radio Frecuencia
RPG	Rocket Propelled Grenade
SFP	Self Forging Projectile
STAFF	Smart Target Activated Fire and Forget
STUN	En inglés incapacitar.
TFG	Trabajo Final de Grado
UV	Ultravioleta
VCI/C	Vehículo de Combate de Infantería y Caballería

LISTADO DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: COMPONENTES DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA AFGANIT	18
ILUSTRACIÓN 2: VISIÓN 360º SISTEMA AKKOR. BARRERA CREADA POR LA MUNICIÓN INTELIGENTE.. ..	19
ILUSTRACIÓN 3: VEHÍCULO CON EL SISTEMA BRIGHT ARROW. ESTACIÓN DE ARMAS MONTADA SOBRE EL VEHÍCULO.....	21
ILUSTRACIÓN 4: CICLO DE VIDA PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA	25
ILUSTRACIÓN 5: BLINDAJE ADICIONAL EXTERIOR DE LA TORRE.....	43
ILUSTRACIÓN 6: BLINDAJE ADICIONAL INTERIOR DE LA TORRE	43
ILUSTRACIÓN 7: VISTA LATERAL IZQUIERDA DE LA TORRE	44
ILUSTRACIÓN 8: VISTA LATERAL DERECHA DE LA TORRE	44
ILUSTRACIÓN 9: VISTA SUPERIOR DE LA TORRE	45
ILUSTRACIÓN 10: VISTA FRONTAL DE LA TORRE	45
ILUSTRACIÓN 11: VISTA TRASERA DE LA TORRE	46

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1: DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTIVA SCUDO.	20
TABLA 2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN ACTIVA (1).....	23
TABLA 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIÓN ACTIVA (2).....	24
TABLA 4: ESTRATEGIA DE RECURSOS	33
TABLA 5: MAKE OR BUY	35
TABLA 6: COSTE DE PRODUCTOS	36
TABLA 7: TIPOS DE LANZAGRANADAS CONTRA CARRO.....	47
TABLA 8: TIPOS DE MISILES DE PRIMERA GENERACIÓN	47
TABLA 9: TIPOS DE MISILES DE SEGUNDA GENERACIÓN	48
TABLA 10: TIPOS DE MISILES DE TERCERA GENERACIÓN	49
TABLA 11: TIPOS DE CAÑONES CONTRA CARRO	49

1.-INTRODUCCIÓN

En la actualidad del Ejército de Tierra, la protección, tanto de los combatientes como de los vehículos, es un pilar fundamental a la hora de afrontar los diferentes conflictos que se pueden desarrollar en las misiones. Por ello un sistema de protección activa implantado en los vehículos, en este caso en el VCI/C Pizarro, proporcionaría un incremento de operatividad de dicho vehículo, así como el aumento de moral de las tropas a las que transporta; sintiéndose estas más seguras [1].

Los sistemas de protección activa (APS) son de uso comúnmente militar, formados por unos sensores que detectan la amenaza (principalmente misiles anticarro y lanzagranadas) y un arma que la neutraliza, por lo tanto, la característica singular de este tipo de protección se encuentra en el hecho de estar constantemente radiando hacia los alrededores del vehículo en el que está implantado.

Tras el conflicto de Afganistán la utilización de los carros de combate (CC) fue en decadencia llegando al extremo de los Países Bajos que se deshicieron de su flota de CC. Poco a poco se está renovando su interés, y aunque no se estén desarrollando nuevos modelos, sí se está estudiando la implantación de diversas mejoras para modernizar los mismos. Entre estas nuevas mejoras destacan las tratadas en la reunión del grupo Leoben formado por los usuarios del sistema Leopard, exactamente 12 países: Alemania, Austria, Canadá, Chile, Dinamarca, España, Finlandia, Noruega, Polonia, Portugal, Singapur y Suecia. La reunión acaecida en Septiembre de 2016 trató temas como la simplificación de tareas de la tripulación, mejorar el cañón y las municiones, la capacidad rusa para anular los GPS y empezar una guerra electrónica, la observación y la concienciación situacional, y sobre todo, la implementación de un sistema de protección activa como importante prioridad.

Se pueden diferenciar dos tipos de medidas que se clasifican atendiendo a la forma de neutralización: destructivas y no destructivas. Por su lado las destructivas (hardkill) son aquellas cuyo contraataque se realiza de forma física, destruyendo o alterando la carga de la amenaza con el objetivo de impedir los efectos del ataque. Por otro lado, las medidas no destructivas o softkill son aquellas que alteran el comportamiento de la amenaza desviando su trayectoria (por ejemplo las contramedidas electromagnéticas) o tratan de disminuir la firma del propio vehículo para que sea más difícil su localización. [2]

La intensificación en el desarrollo de estos sistemas se puede observar en el uso de los ya existentes debido a que han demostrado su competitividad y efectividad en el campo de batalla. Por ejemplo, el sistema Trophy [3] implantado en los CC Abrams M1 americanos puso de manifiesto su eficacia en enero de 2014 cuando en la frontera de Gaza un vehículo fue atacado con un RPG-32 o el Afganit [4] [5], usado por los nuevos carros rusos Armata.

1.1.- OBJETIVOS Y ALCANCE

El trabajo tratará sobre el estudio de los sistemas de protección activa ya existentes en el mercado y finalmente la implantación, en el VCI/C Pizarro, de uno ellos o de uno de desarrollo propio. Para ello, se debe atender a las particularidades que posee el VCI/C Pizarro, tanto en su barcaza como en la torre, y de esta manera elegir el sistema más adecuado para el vehículo.

El propósito es que la implantación de este tipo de sistema produzca una gran mejora a nivel operativo en las unidades ligero-acorazadas. Con ello se conseguirá aumentar la protección del vehículo y la posibilidad de ser más agresivos en las acciones de combate. También proporcionará una gran seguridad tanto a la tripulación como a las tropas embarcadas y aumentará la moral de las mismas. Con todo ello se puede determinar que la implantación de un sistema de protección activa provocará una mejora sustancial en el ejército.

El desglose de los objetivos es el siguiente:

- El principal objetivo es el aumento de la seguridad del vehículo y de las tropas que se incluyen en el mismo, reduciendo al mínimo los daños colaterales y detectando el origen del fuego. Esto se conseguirá mediante el estudio de los distintos sistemas de protección activa, identificando el idóneo a implantar o el diseño de uno propio mediante la adquisición de los distintos elementos.
- En el caso de que no sea posible implantar un sistema de protección activa en el vehículo actual se determinarán los cambios que se deberán realizar en el vehículo para poder instalar dicho sistema, sin aumentar la armadura del mismo ni reducir su rendimiento.
- Estudiar la viabilidad económica del proyecto.
- Conseguir una mejora operativa del ejército, pudiendo así desplegar vehículos en un mayor número de zonas en conflicto. Esto proporcionará una mayor libertad de maniobra para los vehículos de esta clase a la vez que mantienen un enfoque ofensivo.

1.2.-METODOLOGÍA

En un primer paso se obtendrán los manuales oficiales sobre el VCI/C Pizarro en los que se prestará especial atención a la torre [6] y a sus características. Posteriormente, se realizará el mismo proceso con los sistemas de protección activa vigentes utilizados en los países vanguardistas en la materia, investigando y obteniendo información sobre los mismos y así poder determinar, cuál de todos es el más adecuado, o las características que debe tener el sistema a diseñar.

En segundo lugar, se mantendrá contacto con personal cualificado y experimentado (tanto de torre de Pizarro como de sistemas de protección activa) destinados en el Regimiento de Caballería Acorazado (RCAC) "Montesa" 3, quienes aportarán información relativa al vehículo y a la posibilidad de instalación del sistema, así como ayudarán a determinar cuál es el más conveniente. Se organizarán reuniones con los mandos de la unidad con el objetivo de confeccionar el ciclo de vida del proyecto. A mayores, se contactará con un Teniente ingeniero destinado en el proyecto "Pizarro" de la empresa Santa Bárbara Systems para obtener información sobre el proyecto actual e investigar sobre ella.

Con la información recopilada y las distintas opiniones expuestas por el personal experimentado y mandos de la unidad (expuestas en las siguientes secciones del proyecto) se realizará un análisis de toda la información obtenida para tomar la decisión, basado tanto en las especificaciones que aporta cada sistema como aquellas que son consideradas necesarias implantar en el Pizarro, también se tendrá en cuenta el análisis económico y los cambios estructurales necesarios en el vehículo con el objetivo de elegir el sistema de protección activa más apto (o la adquisición por separado de los elementos) para su implantación y aquél que proporcione una mayor mejora.

Posteriormente, se hará un análisis de las municiones que tienen probabilidad de ser disparadas contra el vehículo en misiones en el extranjero. Se atenderá al método de funcionamiento de la munición y en especial a los efectos que produce sobre personal y sobre el vehículo. Esta información junto con una encuesta que realizará el personal del regimiento proporciona un criterio más de elección de un sistema u otro, a la vez que, una visión sobre las municiones contra las cuales es más importante proteger el vehículo, es decir, aquellas que el sistema de protección activa elegido debe ser capaz de neutralizar.

La gestión de costes se hará mediante la determinación de tarifas de costes de recursos.

Con el proyecto encauzado se seguirán manteniendo reuniones con el personal experimentado en torre y sistemas de protección activa, en este caso para comenzar

con su implantación. También se hará uso del segundo escalón de la unidad para este tipo de tareas.

Finalmente el desarrollo de las conclusiones y la exposición de la decisión tomada se basarán en todos los análisis anteriores.

2.- ESTADO DEL ARTE

Comenzando con el desarrollo del proyecto se explicarán los sistemas de protección activa "hardkill" en uso en distintos países:

- Sistema Trophy [3]: también conocido como ASPRO-A, al igual que todos los sistemas de protección activa, se desarrolló con el fin de complementar el sistema defensivo de los vehículos ligeros y pesados mediante una onda de choque que destruye las amenazas enemigas. Su diseño incluye el radar Elta EL/M-2133¹.

Es un sistema combinado de detección de fuego hostil y protección activa y tiene dos configuraciones diferentes cuyas características están representadas en la tabla 2: la versión HV (Heavy Vehicles) utilizada en vehículos pesados (como es el VCI/C Pizarro) y la MV (Medium Vehicles) utilizada en vehículos medios. Este sistema neutraliza todas las amenazas anti-tanque siguiendo cuatro pasos: detección de la amenaza, seguimiento de la amenaza, activación de las contramedidas y neutralización de la amenaza.

Cabe destacar que el sistema Trophy ofrece protección 360º azimut y un gran ángulo de elevación a la vez, que mantiene una burbuja de protección para las tropas desembarcadas.

- Afganit [4] [5]: en su primera versión, este sistema de protección activa, contaba con cuatro pequeños radares que se encontraban en los laterales del vehículo. Posteriormente, y ya última versión, se implantaron detectores ultravioleta (UV) que son más eficientes y poseen unas capacidades superiores.

Este sistema se encuentra instalado en los carros rusos T-14 Armata, con la disposición de los elementos que se ven en la imagen 1. El radar que incluye el vehículo junto con los detectores UV identifican las amenazas provenientes de cualquier dirección. El funcionamiento combinado de ambos elementos, se basa en trazar el rastro del aire ionizado que deja el proyectil a su paso, de esta manera, se puede determinar la velocidad y la trayectoria de la amenaza y neutralizarla gracias a los descargadores de sub-municiones que instala el vehículo.

En 2016 se introdujo una modificación al sistema, haciéndole capaz de realizar las mismas operaciones contra munición APDS. Esto se llevó a cabo con un pequeño mortero, responsable de anular este tipo de amenazas.

¹ El radar ELM-2133 WindGuard es un radar de cuatro caras que distribuye progresivamente el pulso Doppler. El radar matriz está diseñado para detectar y rastrear automáticamente cohetes antitanque y misiles guiados.

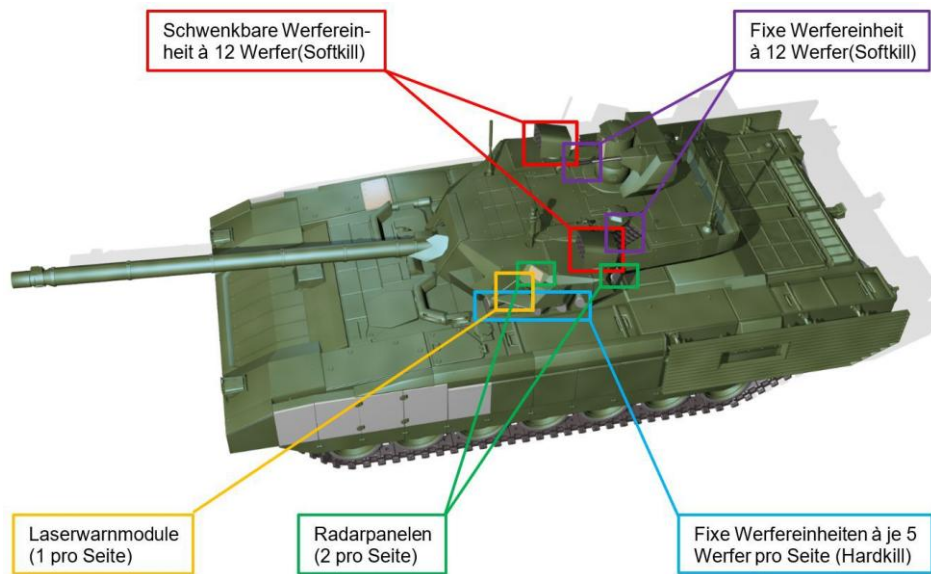


Ilustración 1: Componentes del sistema de protección activa Afganit. Imagen extraída de <https://www.offiziere.ch/?p=33534>

- ADS de Rheinmetall ²[7] [8] [9]: "ADS es el único sistema de protección en el mundo que puede defenderse contra ataques, incluso desde las inmediaciones del vehículo", comenta el Dr. Stean Nehlsen, Jefe de Sistemas de Protección de Rheinmetall.

El sistema incluye una alta tecnología lo que hace que sea complejo. La protección de 360º se debe a los sensores de alto rendimiento que proporcionan una visión continua del entorno del vehículo.

Su funcionamiento es muy similar al resto de APS: detecta una amenaza entrante e informa inmediatamente a una unidad central de procesamiento y activa más sensores. El siguiente paso es identificar el tipo de proyectil y sus datos de vuelo (velocidad, dirección, etc.). Después de esto se neutraliza la amenaza antes de que pueda alcanzar el vehículo.

Cabe destacar la rapidez de procesamiento del sistema, que en una milésima de segundo es capaz de realizar todo el proceso y combatir la amenaza entrante. Las palabras del Dr. Nehlsen lo dejan claro: "Gracias a su corto tiempo de reacción, ADS puede combatir con éxito las amenazas aéreas que se aproximan desde muy cerca, de unos pocos metros".

ADS de Rheinmetall incorpora una tecnología de funcionamiento redundante que permite contrarrestar múltiples amenazas con éxito. Se

² Rheinmetall: poderosa empresa armamentística y de motor alemana siendo la mayor productora de armas en su país.

basa en que uno de los sensores del sistema fija una amenaza y el resto de sensores continúan buscando otras.

Este sistema es acoplable a casi cualquier tipo de vehículo, debido a que, tiene diversas variantes dependiendo del tonelaje del vehículo en el que se pretende implantar. El sistema puede pesar entre 145 y 600 kilogramos (los módulos).

- **AKKOR [10]:** es un sistema de protección activa desarrollado por la empresa turca ASELSAN y cuyo primer prototipo se presentó en 2015. Posteriormente, debido a los problemas del ejército turco en Siria, se percataron de que era necesaria una mejora en sus vehículos y se ha procedido a implantar el sistema AKKOR en los carros ALTAY. Posee ambas funcionalidades, tanto softkill como hardkill. Por su lado, los softkill son láseres asociados a los lanzafumígenos y municiones multiespectrales que se usan como contra medida de guerra electrónica (EW). Por el contrario, la funcionalidad hardkill, se basa en un radar de alta resolución con visión 360° que proporciona una burbuja de detección de misiles a su alrededor, como podemos observar en la imagen 2, un lanzador de alta velocidad y munición inteligente³ que se detona al acercarse el proyectil o amenaza neutralizándola.



Ilustración 2: Visión 360° sistema AKKOR. Barrera creada por la munición inteligente. Imagen extraída de YouTube (AKKOR).

³ Munición inteligente: es una munición que contiene subproyectiles. Esta munición se subdivide en estos pequeños proyectiles antes de llegar al objetivo, con lo que forma una barrera antimisiles.

- SCUDO [11] [12]: este sistema italiano empezado por ITALIAN MOD y OTO MELARA en 2002 fue instalado por primera vez en 2006 en los carros de dicho país.

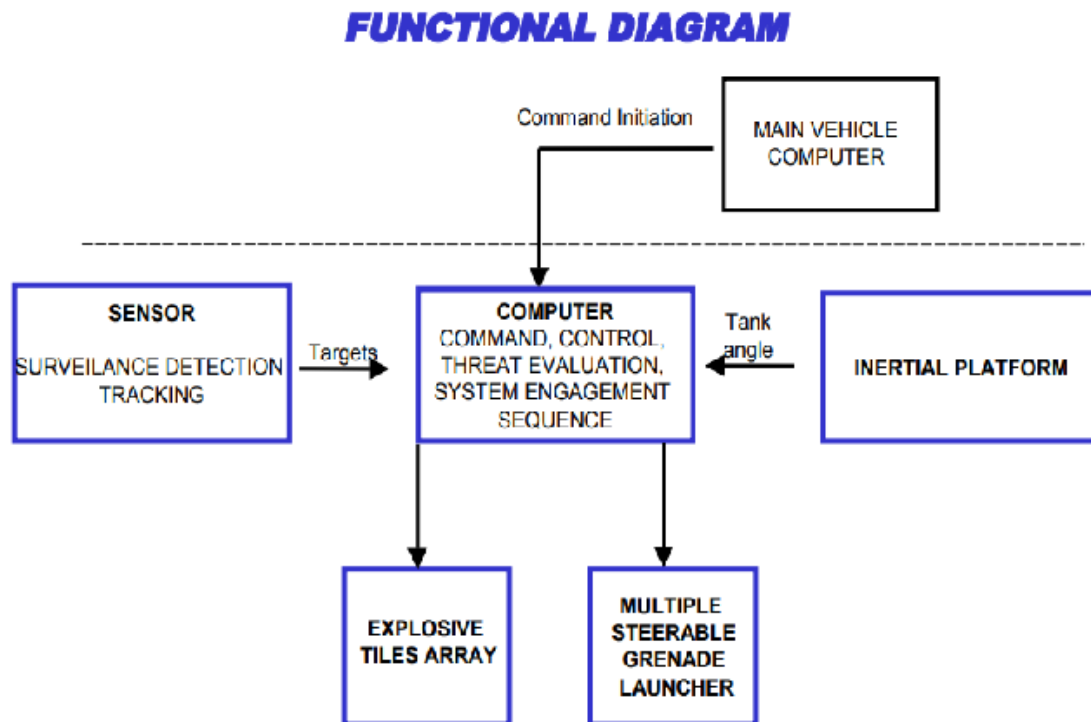


Tabla 1: Diagrama de funcionamiento del sistema de protección activa SCUDO. Tabla extraída de manual SCUDO, ESERCITO ITALIANO.

El sistema está separado en cuatro partes diferenciadas mostradas en la tabla 1:

- Vigilancia, detección y sensores de seguimiento, todo ello mediante un radar con banda X⁴ dual y frecuencia CW (Continuous Wave). Estos sensores mandan la información obtenida sobre el objetivo al ordenador central.
- Sistema de evaluación de mando, control y amenazas con un sistema de control mediante ordenador y visión en tiempo real.
- Una vez analizados los datos en el sistema de control se envían a la primera capa de sistema defensivo que cuenta con un lanzador de granadas múltiple y orientable, el cual, se coloca en posición de abrir fuego y neutralizar la amenaza.
- Una segunda capa de sistema defensivo con varios azulejos explosivos (tiles array de la tabla 2) que realizarán su función de protección en el caso de que la primera capa haya fallado.

⁴ Banda X: región del espectro electromagnético cuyas frecuencias se encuentran entre 8,2 y 12,4 GHz.

- Bright Arrow [13]: este sistema de protección activa creado por General Dynamics, es una mezcla de los tipos "hardkill" y "softkill" que se han ido mencionando a lo largo del proyecto. Además también se puede utilizar como estación de armas a control remoto. Su funcionamiento, se basa en la detección de la amenaza, la capacidad de supervivencia y el conocimiento de la situación de batalla, todo ello implantado en un único sistema.

El sistema cuenta con cámaras de radiofrecuencia (RF), infrarrojas (IR) y de carga acoplada (CCD), que tienen visión panorámica diurna y nocturna para poder detectar las amenazas externas. Así mismo, posee una estación de armas montada en un pedestal con cobertura 360º y estabilizado, visible en la imagen 3. En este pedestal está el armamento: ametralladora de 5,56mm o 7,62mm. A la vez, el sistema tiene un giróscopo estabilizado con precisión y una unidad de control en pantalla LCD de 12 pulgadas.

Este sistema, está diseñado para vehículos livianos ya que la protección ofrecida es contra cohetes antitanque de corto alcance (RPG) y misiles guiados. La ventaja, es que combate la amenaza de forma instantánea empleando la contramedida que más convenga, ya sea, "hardkill" o "softkill", respondiendo a su vez con la ametralladora.



Ilustración 3: Vehículo con el sistema Bright Arrow. Estación de armas montada sobre el vehículo. Imagen extraída de General Dynamics.

Concluyendo, con el estado del arte del proyecto, se puede determinar que la gran mayoría de sistemas de protección activa que están vigentes en el mercado actual tienen un funcionamiento muy similar. Por un lado, están aquellos que tienen la posibilidad de trabajar tanto en "hardkill" como en "softkill", lo cual aporta una ventaja más, y por otro lado, aquellos que sólo trabajan en "hardkill", no se encuentran a un nivel similar a los que pueden usar ambos métodos, ya que el "hardkill" es el más efectivo contra las amenazas externas.

El funcionamiento general de estos sistemas está basado en un radar o unos detectores que tengan un campo de visión de 360º, utilizados para detectar el fuego. Cada sistema utiliza un tipo distinto de radar o detector, y en número variable. También cuentan con una computadora central encargada de realizar los cálculos de seguimiento del proyectil, dando como respuesta la velocidad, dirección, etc. Por último todos los sistemas cuentan con un arma de fuego, sea del tipo que sea, que es la que realiza la función de protección, ya que al activarse el sistema, este arma abre fuego de manera automática sobre la amenaza externa con el objetivo de destruirla y evitar que impacte sobre el vehículo.

Con todo ello y estudiando las características que aporta cada uno de los sistemas, se puede determinar que no hay una gran diferencia entre ellos, y que la clave para elegir uno u otro se basará en el campo económico y aquel para el que, por estructura vehicular, sea posible la implantación.

A continuación se muestra una tabla comparativa de todos los sistemas

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
	TROPHY HV	TROPHY MV	Afganit
Peso (kg)	820	520	
Volumen (m ³)	0,69	0,42	
Contramedida "hardkill"	MEFP integra el radar Elta EL/M 2133, dotado de 4 antenas	MEFP integra el radar Elta EL/M 2133, dotado de 4 antenas	
Contramedida "softkill"	N/A	Laser Jammer	
Detección de la amenaza	Radar	Radar	Radares de barrido electrónico activo. sensores de detección de lanzamientos de misiles antitanque
Amenazas que neutraliza	ATGM, RPG, HEAT de un carro y rifle sin retroceso	ATGM, RPG, HEAT de un carro y rifle sin retroceso	APDS
Amenazas simultaneas	Si	Si	Si
Protección contra fuego cercano	Si	Si	Si
Conciencia situacional	Informe de la localización del fuego y el tipo de amenaza a la tripulación y BMS.	Informe de la localización del fuego y el tipo de amenaza a la tripulación y BMS.	Informe de la localización del fuego y el tipo de amenaza a la tripulación y BMS.
Daño colateral	<1% de probabilidad de daño colateral por el sistema o una amenaza entrante	<1% de probabilidad de daño colateral por el sistema o una amenaza entrante	<1% de probabilidad de daño colateral por el sistema o una amenaza entrante

Tabla 2: Especificaciones técnicas de los sistemas de protección activa (1). Elaboración propia.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				
	ADS de Rheinmetall	AKKOR	SCUDO	Bright Arrow
Peso (kg)	De 145 a 600			
Volumen (m ³)				
Contramedida "hardkill"		Radar de alta resolución con visión 360°. un lanzador de alta velocidad y munición inteligente	Lanzador de granadas múltiple y orientable. azulejos explosivos	Placas Volantes Explosivas (EFP, según las siglas en inglés) y Carga de Fragmentos de Bolas de Acero (SFF)
Contramedida "softkill"	inhibidores, señuelos	Láseres asociados a los lanza fumígenos y municiones multiespectrales		Sistema automático de generación de humo
Detección de la amenaza	sensores de radar			Por radar y sensores infrarrojos. perturbadores electro-ópticos
Amenazas que neutraliza				
Amenazas simultaneas	Si	Si	Si	Si
Protección contra fuego cercano	Si	Si	Si	Si
Conciencia situacional	Informe de la localización del fuego y el tipo de amenaza a la tripulación y BMS.	Informe de la localización del fuego y el tipo de amenaza a la tripulación y BMS.	Informe de la localización del fuego y el tipo de amenaza a la tripulación y BMS.	Informe de la localización del fuego y el tipo de amenaza a la tripulación y BMS.
Daño colateral	<1% de probabilidad de daño colateral por el sistema o una amenaza entrante	<1% de probabilidad de daño colateral por el sistema o una amenaza entrante	<1% de probabilidad de daño colateral por el sistema o una amenaza entrante	<1% de probabilidad de daño colateral por el sistema o una amenaza entrante

Tabla 3: Especificaciones técnicas de los sistemas de protección activa (2). Elaboración propia.

3.- ANALISIS DEL PROYECTO Y DEL VEHÍCULO

3.1.- CICLO DE VIDA DEL PROYECTO

Con el fin de analizar gastos y el tiempo a lo largo del proyecto, se explica a continuación el ciclo de vida del mismo. Este análisis comienza con la detección de la necesidad de mejorar: la protección de los vehículos, y termina con la implantación del sistema elegido.

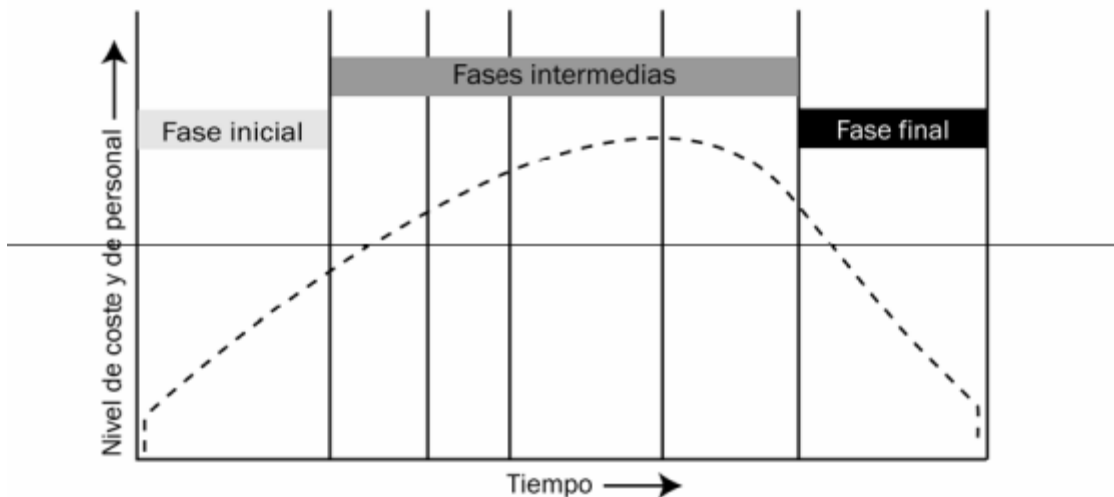


Ilustración 4: Ciclo de vida para la implantación de un sistema de protección activa. Imagen extraída de <http://www.ehu.eus/asignaturasKO/PM/PMBOK/tema%202Meto03.pdf>

El gráfico mostrado en la ilustración 4 se ha extraído de la guía de PMBOK (Project Management Body of Knowledge) realizada por el PMI (Project Management Institute) que establece un criterio de buenas prácticas las cuales están relacionadas con la administración, la dirección y la gestión de proyectos, utilizando técnicas y herramientas que distribuyen los procesos de desarrollo de un proceso en 5 macroprocesos generales: inicio, planificación, ejecución, control y monitorización, y cierre. Este tipo de gráficos tiene un carácter general y por ello hacemos uso de él en este proyecto. Los tiempos en este trabajo se han estimado gracias a un Brigada experimentado en mantenimiento, del escalón de mantenimiento del regimiento "Montesa 3". Este Brigada, expuso verbalmente en una reunión con el resto de mandos de la unidad, un calendario del proceso de implantación de un sistema de protección activa en el VCI/C Pizarro. Este proceso tendría una duración estimada de un año y en ella se incluye, tanto la fase de desarrollo de la memoria del proyecto como la posterior instalación y pruebas del sistema elegido. Únicamente para instalar el sistema habría que invertir 8 meses. La primera fase (inicio del proyecto), es escasa en tiempo y costes ya que únicamente se trata de identificar una necesidad, en este caso la mejora en el ámbito de la seguridad. En una segunda parte (planificación), comienzan a subir los costes ya que a la hora de organizar y preparar el proyecto hay que llevar a cabo diversos estudios sobre el tema, así como contactar con cierto

personal que pueda ser de guía en el trabajo y definir una propuesta clara. Para este proceso, esta fase comprende el desarrollo de la memoria del proyecto con su correspondiente estudio del arte y contacto con personal cualificado en las materias (tanto de mantenimiento como de armamento). También incluye el contacto con empresas que ofrecen el servicio requerido, es decir, en caso de que la elección sea el desarrollo propio se contactará con las empresas que proporcionan todos los materiales para su consecución, y por el contrario, en caso de elegir el sistema de protección activa completo, se contactará con la empresa que lo lleva a cabo para su posterior adquisición e instalación. La ejecución del trabajo es lo más complejo del proyecto debido al alto tiempo que necesita y al coste que conlleva. En este momento el proyecto está encauzado y comienzan los gastos en materia de compras externas, ya sea del sistema de protección activa elegido o de ciertas piezas necesarias para poder diseñar e implantar uno de creación propia. Gran parte del presupuesto se invierte en la compra de estas piezas o sistema completo ya mencionado, pero también, hay que contar con el tiempo que se invertirá en su instalación por el personal del regimiento. En el proceso de instalación del sistema de protección activa, se modificará lo necesario de la estructura vehicular del Pizarro para que la instalación sea posible. En un primer paso se realizará la instalación en un único vehículo prototipo, sobre el que se realizarán las pruebas correspondientes para comprobar la eficacia del sistema. Cuando todas las pruebas se hayan realizado (comprobar la neutralización de diferentes municiones) se procederá a la instalación en el resto de los vehículos Pizarro. Una vez termina este proceso, sólo queda cerrar el proyecto y archivar los documentos para una posible revisión o modificación futura.

3.2.- VCI PIZARRO Y SU ESTRUCTURA VEHICULAR

El VCI/C Pizarro es un vehículo blindado de combate que se desarrolla mediante la colaboración de dos empresas: una austriaca (Steyr-Daimler-Puch AG) y una española (Santa Barbara Systems).

Su diseño se realizó con el objetivo de reemplazar a los antiguos M113 españoles, y el primer prototipo apareció en 1992. Es un diseño convencional en cuya barcaza se asienta el conductor del vehículo y hasta seis exploradores (combatientes embarcados), mientras que los puestos de jefe de vehículo y tirador se localizan en la torre.

En cuanto a las características generales de este vehículo, se puede destacar que monta un cañón de 30mm en una torre que puede girar 360º y cuyo fuego es controlado por el sistema Mk-10⁵. Complementando al arma principal posee una

⁵ Mk-10: sistema de control de fuego incluido en el VCI/C Pizarro, el cual permite la elección de munición a disparar, 5 tipos para el cañón y uno para la ametralladora.

ametralladora coaxial de 7.62mm. La torre, en la cual se encuentra el armamento, tiene un sistema de estabilización tanto vertical como horizontal, para así lograr una mejor puntería por parte del tirador y una mejor visión. La cadencia de disparo con la que cuenta el cañón es de 800 disparos/minuto, y la ametralladora tiene la posibilidad de realizar 1200 disparos/minuto. El vehículo puede llevar en su interior 200 proyectiles para el cañón y 700 proyectiles de ametralladora, preparados para ser disparados, mas 205 proyectiles de cañón junto con otros 2200 de ametralladora en reserva.

En relación a las características técnicas, se debe decir que el VCI/C Pizarro tiene un motor diesel de 600 CV, usa la transmisión de tipo hidromecánica y la suspensión de barra de torsión, pudiendo llegar a desarrollar una velocidad máxima de 72 km/h y una autonomía de 436 km. Su tren de rodaje está montado sobre la base de las cadenas con 7 ruedas de rodaje a lo largo de cada una de ellas.

Centrándose en la seguridad, este vehículo cuenta con una protección íntegramente de acero, realizada con la finalidad de resistir impactos de un calibre máximo de 14,5mm disparado a 500m en la parte frontal y de un calibre inferior a 7,62mm en el resto del vehículo. Es posible aumentar la protección vehicular para lograr soportar impactos de munición de 30mm, esto se conseguiría instalando unas chapas metálicas en aquellas partes que se quieran proteger. De la misma manera el Pizarro tiene una cantidad limitada de blindaje reactivo⁶, pero puede aumentarse la cantidad en el momento que sea necesario.

La torre del Pizarro [6], como ya se ha comentado, es biplaza (jefe de vehículo y tirador), con una estructura monobloque y soldada en la parte inferior. En ella se incorporan los sistemas de armas y los medios de visión, tanto diurna como nocturna. Tiene su propio blindaje adicional tanto interior como exterior (ANEXO A). La descripción externa de la misma se explica en el ANEXO B, donde se detallan las piezas de las que se compone para así poder analizar su estructura y determinar la posibilidad o imposibilidad de instalar un sistema de protección activa. Este estudio se requiere debido a la implantación de un número de radares o detectores en la zona externa para así obtener una visión 360°.

⁶ Blindaje reactivo: tipo de blindaje que se basa en el uso de unas placas rellenas de material explosivo, de modo que al impactar el proyectil este explosivo explote e inhabilite los efectos del proyectil.

4.- MUNICIONES PROBABLES DE SER DISPARADAS CONTRA EL VEHÍCULO

4.1.- TIPOS DE MUNICIÓN

En la actualidad existe una gran variedad de proyectiles contracarro. Estos consiguen sus efectos gracias a la energía cinética por la cual inciden a una velocidad muy alta, o a la energía liberada en la explosión de las cargas internas. Se pueden diferenciar los siguientes tipos en función del principio en el que basan su funcionamiento [14] [15]:

- Municiones basadas en la energía cinética o gran velocidad inicial (AP o HVAP): constan de un "núcleo duro" interior de metal duro y denso, el cual, gracias a la energía cinética perfora el objetivo donde sólo penetra el núcleo central. Esta velocidad sólo se consigue por medio de cañones.
 - Proyectil perforante subcalibrado (APDS): el núcleo duro de este proyectil se envuelve en un casquillo (sabot) del mismo calibre que el arma, haciendo tope en la recámara y recibiendo todo el impulso infligido por los gases.
 - Proyectil perforante subcalibrado estabilizado por aletas (APFSDS): es el famoso "proyectil flecha", una variante más fina y larga del APDS. Este estabiliza su vuelo mediante unas aletas localizadas en la zona posterior del proyectil. Se suele disparar con cañones de ánima lisa y tiene un poder de penetración mayor que el anterior debido a que consigue una mayor velocidad. Al estar formado por uranio empobrecido, este se desintegra en forma de polvo altamente inflamable, y con el rozamiento que se produce en la perforación y el consiguiente aumento de temperatura, el polvo se deflagra convirtiéndose así en plasma que se introduce en las cámaras del vehículo. Debido a estas reacciones, la munición y el combustible del interior del vehículo explodian conjuntamente destruyéndolo.
 - Penetrador con efecto lateral mejorado (PELE): similar a la munición flecha, pero cambiando el núcleo del penetrado el cual se ha hecho de un material más blando. De esta manera el núcleo exterior penetra sin problemas y cuando el núcleo interior se encuentra el blindaje este se rompe en una nube de metralla (ya que tiene un material más blando) distribuyéndose por el interior del vehículo. Por lo tanto, se mantiene la capacidad de penetración aumentando los efectos laterales.

- Municiones basadas en la energía química o el explosivo:

Proyectiles de carga hueca: munición de energía química que aplica el efecto Munroe⁷ para penetrar el blindaje de los vehículos.

 - Alto explosivo contracarro (HEAT): está basado en cargas explosivas dispuestas de forma cóncava situadas en la parte opuesta al detonador, de esta manera se favorece que la potencia del explosivo se acumule en el eje de la superficie a perforar. La fuerza de la explosión forma un chorro de fuego denominado "jet" elevando la temperatura y la presión en un punto determinado de la coraza, de modo que consigue perforaciones precisas.

Este tipo de munición basa su poder de penetración en la energía química por lo que la velocidad inicial y la distancia al objetivo no tienen una importancia sustancial. Sin embargo, el calibre, el tipo de explosivo y la distancia a la que se produce el inicio de la explosión del blindaje tienen más trascendencia a la hora de conseguir los efectos deseados.

 - Carga hueca en tándem: se utiliza principalmente contra blindajes reactivos como el que tiene el VCI/C Pizarro. Antes de que la carga hueca principal actúe, se encuentra otra carga hueca de menor potencia que se encarga de hacer estallar el blindaje reactivo y de que no se desorganice el dardo de fuego de la cabeza de guerra, así consigue que la carga hueca principal haga su efecto directamente sobre la coraza.
 - Carga hueca protegida: el blindaje reactivo es atravesado sin explotar gracias a una punta de la que dispone el proyectil, de este modo, agujerea el blindaje y la carga principal actúa directamente sobre la coraza.
 - Proyectil formado explosivamente (EFP-SFP): es una derivación de las cargas huecas convencionales. Su funcionamiento se basa en el slug, que es el dardo de fuego que sigue al chorro de fuego (jet). El slug procede del recubrimiento interior del cono y se encuentra sometido a tan altas presiones y temperaturas que ha perdido el estado sólido. Este tipo de proyectiles tienen un ángulo interno de la concavidad de la carga de unos 120º, esto es porque si este ángulo es mayor de 90º el slug poseerá una energía mucho mayor que la del jet. A diferencia de los proyectiles de carga hueca su forma es parabólica y están

⁷ Efecto Munroe: capacidad que poseen ciertos explosivos, en función del moldeado recibido, para concentrar la emisión de su efecto en un punto concreto.

- revestidos con materiales más blandos. Se comportan de manera similar a un proyectil de energía cinética.
- Munición HESH: también llamada HEP, está formada por alto explosivo plástico. El funcionamiento es el siguiente: al impactar el proyectil este se deforma contra el blindaje quedando el explosivo plástico pegado al mismo. Acto seguido se activa el detonador que emite unas ondas de choque a lo largo del blindaje, las cuales, se reflejan al llegar al interior de la coraza. Cuando las ondas son reflejadas se encuentran con las que aún se están emitiendo provocando de esta manera la rotura del blindaje en su parte interior produciendo metralla en el interior del vehículo.
 - Munición multipropósito: en este tipo de munición el explosivo esta dentro de una cámara de metal duro que dispone de una única salida en su parte frontal. Ahí está la espoleta, delante de ella se encuentra un conducto de material más blando que realiza funciones de guía cuando el proyectil funciona como una carga dirigida. Puede actuar como perforante o como rompedor, si es usado como perforante, la espoleta se activará nada mas impactar en el objetivo. Pero si funciona como rompedor, la explosión de la espoleta se retrasa hasta que el proyectil se aplaste completamente en el objetivo.
 - Municiones basadas en la proximidad al objetivo y el numero de proyectiles:
 - Munición canister: en el interior del proyectil hay un contenedor en el que se encuentran 1100 bolas de tungsteno que se liberan en todas direcciones al ser disparado. Esta munición está hecha para batir a personal a pie a una distancia menor de 500 metros.
 - Munición STAFF: este tipo de proyectiles buscan y destruyen vehículos a una mayor distancia que las municiones convencionales. Esta munición se activa por proximidad, por lo que el funcionamiento se basa en explosionar justo en el momento en el que sobrevuela encima del vehículo enemigo perforando así el techo de este.
 - Munición APAM: contiene 6 submuniciones y posee una espoleta capaz de actuar de dos formas diferentes. En la primera de ellas, la espoleta se programa manualmente para que explote a una cierta distancia. En el momento de explosionar libera las submuniciones que incluye, barriendo una zona de 50x20 metros. En la segunda forma de actuación funciona como

un proyectil rompedor, explosionando todas las submuniciones al mismo tiempo.

- Munición no letal:
 - Munición STUN: su uso no es letal, únicamente produce efectos sonoros y luminosos que aturden a las tropas incapacitándolas durante un periodo corto de tiempo.

Con esta división de las municiones se puede mostrar como actúa cada una de ellas y los principios de funcionamiento en los que basan su eficacia. Esto ayudará a la posterior clasificación según la peligrosidad y proporcionar el conocimiento necesario para saber aquellas municiones de las cuales necesita ser protegido el vehículo.

4.2.- ENCUESTA AL PERSONAL SOBRE LA PELIGROSIDAD DE LAS MUNICIONES

La opinión del personal del regimiento es una información a tener en cuenta a la hora de elegir un sistema u otro. Mediante la realización de esta encuesta se pretende clasificar las municiones en función de la peligrosidad que tienen para este personal. Con este objetivo se les ha facilitado la encuesta a cumplimentar así como los datos sobre el blindaje del que dispone el Pizarro (ANEXO A). A mayores, también se les ha proporcionado unas tablas en la que se muestra los diferentes armamentos anticarro (lanzagranadas, misiles y cañones) y el tipo de munición que utilizan. La encuesta y las tablas se encuentran detalladas en los ANEXOS C y D.

El aumento de la moral de las tropas es uno de los objetivos a conseguir con el desarrollo de los sistemas de protección activa. Con este motivo, la realización de la encuesta nos permite observar cuáles son las preferencias del personal montado en el vehículo y de aquellos que tienen la posibilidad de ir desmontados. Es importante saber qué espera cada uno de ellos sobre la implantación de este tipo de sistemas ya que, cada munición produce unos efectos diferentes y afecta más a un personal o a otro.

Dicha encuesta se realizó el día 5 de octubre de 2018 a los miembros del primer y segundo escuadrón del GCAC Cazadores de África perteneciente al Regimiento "Montesa" 3. Con ella se consiguió hallar una puntuación que representa el nivel de peligrosidad que poseen las distintas municiones para el personal del Regimiento. Cuanto más alta es la puntuación mayor es el nivel de peligro que ofrece el tipo de proyectil. Los resultados obtenidos se muestran a continuación, expresados en orden de mayor a menor puntuación: 1.- APFSDS (238 puntos); 2.- Carga hueca en tándem (224 puntos); 3.- Carga hueca protegida (216 puntos); 4.- HEAT (214 puntos); 5.- APDS (213 puntos); 6.- APAM (207 puntos); 7.-PELE (206 puntos); 8.- STAFF (203 puntos); 9.- Multipropósito (202 puntos); 10.- HESH (195 puntos); 11.- EFP-SFP (177 puntos); 12.- Canister (118 puntos); 13.- STUN (91 puntos).

Con los resultados se puede ver que un 75 % del personal que realizó la encuesta, desempeña un puesto vehicular montado, con escasas posibilidades de bajar del vehículo para combatir y por ello consideran como municiones más peligrosas la APFSDS y los diferentes tipos de carga hueca. Por otro lado, muchos de los exploradores han evaluado como peligrosa la munición Canister ya que, son los principales afectados por la misma. La munición STUN ha sido la evaluada como menos peligrosa por todos los encuestados ya que, no es una munición letal. En cuanto al resto de las municiones se les ha dado un valor muy semejante en cuanto a la peligrosidad que tiene frente al personal, por lo tanto, no son valores muy significativos.

5.- ESTRATEGIA DE RECURSOS

Para analizar los recursos necesarios para el desarrollo de un sistema propio de protección activa, se ha realizado un diagrama relacionando el volumen de compra de dichos recursos y por tanto la repercusión económica que estos suponen, con el riesgo de abastecimiento que conllevan. A continuación se muestra la tabla y los motivos.

ESTRATEGIA DE RECURSOS		
Alto		
Volumen de compras.	Productos necesarios.	Productos estratégicos.
	Munición propia del armamento. Topes de goma.	Sensores de seguimiento.
	Productos estándar.	Productos complejos.
	Telómetro laser. Radar / Detector.	Sistema central de control. Sistema de armas específico.
Bajo	Riesgo de suministro.	
		Alto

Tabla 4: Estrategia de recursos. Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 4 existen siete elementos que se deben poseer para el desarrollo del sistema: telémetros laser, radares / detectores, sensores de seguimiento, sistemas centrales de control, sistemas de armas específicos, munición propia del armamento y topes de goma. Estos objetos han sido clasificados en función de la cantidad necesaria de los mismos y la dificultad de adquirirlos:

- **Producto estratégico:** para el desarrollo de este proyecto, se considera a los sensores de seguimiento como el producto que tiene una mayor peligrosidad debido a la cantidad necesaria, la importancia en el sistema de protección activa y la dificultad de asegurar el suministro del mismo, ya que, no están disponibles en el stock propio del Ejército de Tierra.
- **Productos complejos:** se destaca dentro de estos productos el sistema central de control y el sistema de armas específico. Similar a los anteriores, tienen una gran importancia en el desarrollo técnico del proyecto ya que de ellos depende gran parte de la eficacia del mismo. El sistema central de control es el cerebro que reacciona a las amenazas y difunde las órdenes a los distintos elementos que componen el sistema completo. Por otro lado, el sistema de armas es el encargado de neutralizar la amenaza mediante el disparo de su munición. Para conseguir desarrollar el sistema de protección activa es necesario tanto

un sistema central de control como un sistema de armas específico, por lo que la cantidad de ellos necesaria no es lo que determina su peligrosidad, sino la importancia que tienen en el conjunto completo.

- **Productos estándar:** son productos cuya dificultad de adquisición, como cantidad necesaria no supone ningún problema para el desarrollo del proyecto. En este caso son los telémetros láser y los radares/detectores los cuales se encuentran disponibles en los almacenes del Ejército de Tierra o son de fácil compra externa.
- **Productos necesarios:** son productos que no suponen ningún impedimento a la hora de realizar el proyecto, es decir, no son necesarios para completar el sistema pero sí para su utilización. Por un lado los topes de goma le proporcionan durabilidad a las piezas protegiéndolas de golpes y del agua, y por otro lado, la munición permite al sistema actuar frente a las amenazas. Ambos productos son baratos en comparación con el resto y son fáciles de adquirir en el mercado.

5.1.- MAKE OR BUY

Es interesante analizar qué elementos se deben adquirir externamente y cuáles pueden ser realizados de manera interna.

Lo primero, es destacar el sistema central de control que se ha decidido desarrollar internamente por cuestiones de seguridad militar, para que otros países desconozcan el funcionamiento exacto del sistema.

Todos aquellos sistemas cuya tecnología es completamente conocida resulta indiferente desarrollarlo o comprarlo, aun así, se ha decidido elegir aquellos de los que ya dispone el ejército español por motivos meramente económicos, sin dejar de lado la calidad del producto. Estos elementos propios que se usarán son: los topes de goma, telémetros láser y los radares o detectores.

Por el contrario el armamento y su munición se comprarán de manera externa para asegurarse que ambos están asociados y son compatibles, así no se producirán problemas de interrupciones. Los sensores de seguimiento también serán comprados, el objetivo de esta compra es que su suministro no falle, es decir que la empresa que los realice se comprometa a entregar todos los sensores necesarios para la realización del proyecto.

Lo explicado anteriormente se puede resumir en la siguiente tabla:

MAKE OR BUY	
MAKE	BUY
<p>Sistema central de control Topes de goma Telémetro laser Radares / Detectores</p>	<p>Sistema de armas específico Munición propia del armamento Sensores de seguimiento</p>

Tabla 5: MAKE or BUY. Elaboración propia.

5.2.- VIABILIDAD ECONÓMICA

Basándonos en la tabla 4 se ha hecho una estimación de los precios. Estos datos han sido proporcionados por un Capitán de Fragata de la Armada, especialista en sensorización, quien ha indicado que elementos serían más aptos a la hora de implantar un sistema de protección activa. Todo ello en relación al precio en el mercado civil. Estos son:

- Armamento: 30.000 € cada arma.
Se ha determinado este precio debido a históricos del mismo y al precio del rifle lanzagranadas americano xm25, que tiene un costo de 25.000 dólares.
- Telémetro laser: 1.000 € cada uno.
El precio del telémetro se ha estimado en relación al telémetro laser Leica RANGEMASTER 1200 que tiene un precio de 955,90€.
- Radar: 15.000 € cada uno.
Al igual que los telémetros, el ejército de tierra dispone de esta tecnología en sus almacenes. El precio se ha determinado en función de los radares "Velolaser" utilizados por la DGT, los cuales tienen un coste unitario de 14.338 €.
- Munición específica: 30 € por proyectil.
De la misma manera que se ha usado el rifle xm25 como ejemplo de armamento, se ha utilizado la munición de 25mm que este dispara.
- Sensores de seguimiento: 3.000 € cada uno.
Similar a los telémetros, estos sensores son relativamente baratos con la diferencia de que hay que comprarlos a una empresa externa. Esta empresa es HANWHA que provee el XNB-6000 por 2.443,02€
- Unidad de control central: 10.000 € cada una.
El coste de dicha unidad no supone un gran desembolso, pero la necesidad de esta hace que haya que asegurar su suministro. Su precio

se ha estimado comparándolo con la CPU ThinkStation P920 del mercado civil cuyo precio es de 8275,25€.

- Topes de goma: 1 € por unidad.

Estos topes tienen un coste ínfimo en relación al presupuesto.

Artículo	Unidades	Precio/Ud. (€)	Precio total (€)
Armamento	144	30.000	4.320.000
Munición	4320	30	129.600
Telómetro laser	720	1.000	720.000
Radar / Detector	720	15.000	10.800.000
Sensor de seguimiento	720	3.000	2.160.000
Unidad de control central	144	10.000	1.440.000
Topes de goma	1440	1	1.440

Tabla 6: Coste de productos. Elaboración propia.

De forma individual, habría que invertir en cada vehículo Pizarro (144 en total) una cantidad de 135.910 €.

6.- PROPUESTA

6.1.-DECISIÓN

Como ya ha hecho el ejército americano recientemente [16], y teniendo en cuenta la información recopilada sobre los sistemas actuales en el mercado, la estructura vehicular del Pizarro, los efectos de las municiones y la posibilidad de realizar un diseño propio con su correspondiente viabilidad económica, se ha determinado adquirir el sistema TROPHY de protección activa para los vehículos de combate Pizarro. Este sistema es superior a los demás como pudieron comprobar los estadounidenses en las pruebas realizadas, superioridad que deja clara el coronel Glenn Dean que dijo: "traté de destruir el tanque Abrams 48 veces y fallé". De la misma manera este sistema ha protegido a los carros rusos Merkava durante la guerra de Gaza habiéndose puesto a prueba en distintas ocasiones.

Actualmente este sistema se ha implantado en unas 1000 plataformas de combate terrestre israelí, sin haber dado ninguna muestra de debilidad, hecho que vuelve a demostrar su eficacia en el campo de batalla.

La elección de un sistema único y no realizar el propio se basa en que la tecnología utilizada es sumamente compleja, teniendo como antecedentes que el sistema TROPHY ha llevado 20 años de investigación. Además, el hecho de elegir una parte de cada sistema tiene riesgos adicionales, debido a que se favorece la posibilidad de que estos elementos no sean compatibles y haya un mayor número de problemas a la hora de implantarlos todos en el vehículo y hacer que conecten de manera precisa. Cada sistema de los que se ha hablado tiene ventajas y desventajas como se ha podido observar. Lo ideal podría ser elegir el sistema armamentístico de AKKOR, los detectores UV de Afganit o el sistema redundante para contrarrestar amenazas de ADS, pero realizarlo sería una tarea demasiado compleja sin una garantía de que el sistema resultante tenga un funcionamiento correcto.

Teniendo en cuenta el ANEXO A y el B, así como el punto 3.2 y la opinión expuesta por el personal más experimentado en mantenimiento y en sistemas de protección activa del regimiento, se ha determinado que el Pizarro está capacitado para incorporar el sistema de protección activa, con la única modificación de eliminar las cestas portaequipajes donde se instalarán los sensores y el armamento. El personal experimentado de mantenimiento y el de sistemas de protección activa expusieron las capacidades que posee el vehículo en relación a las conexiones electrónicas necesarias para instalar todos los elementos de los que se compone el sistema de protección activa, afirmando la posibilidad de realizar la instalación sin dificultades añadidas. También aportaron la distribución a tener de los elementos, es decir, en la parte externa de la torre se colocarían los sensores de seguimiento, los radares y el armamento, y dentro de la torre se instalaría únicamente la unidad de control central

con sus correspondientes conexiones. En cuanto a la estructura del vehículo y capacidad de trabajo, cabe decir que incluye las características necesarias y suficientes para que la unidad central de procesamiento trabaje de manera óptima así como espacio para colocar dicha computadora.

6.2.- PRESUPUESTO FINAL

EEUU firmó un contrato para adquirir el sistema mencionado, dicho contrato costaba 193 millones de dólares (167 millones de euros) según el contratista Rafael Advanced Defense Systems proporcionaría a los Estados Unidos el sistema TROPHY, las contramedidas y los kits de mantenimiento.

Aunque el ejército americano disponga de más vehículos que aquellos a los que está destinado este proyecto la mayor parte del presupuesto que incluye el contrato mencionado se debe a la tecnología del sistema y no a la cantidad. Por ello a partir de esos datos se ha hecho una estimación propia para el ejército español.

Las Fuerzas Armadas españolas cuentan actualmente con 144 Pizarro fase I, de los cuales 123 son vehículos de combate y los 21 restantes son utilizados como puesto de mando. Sabiendo que el presupuesto destinado a defensa en este año 2018 es de 8.453 millones de euros y que se espera que en el año 2019 se mantenga en ese rango, no parece descabellado pensar en realizar un desembolso de alrededor de 100 millones (menos de 1 millón de euros por vehículo) para la compra de los sistemas TROPHY. La instalación de dichos sistemas correrá a cargo del propio personal de la unidad, ya que, hay gente suficientemente cualificada para llevar a cabo esa labor y conllevaría un gasto de cero euros adicionales.

7.- CONCLUSIONES

Tras la realización del trabajo se pueden extraer una serie de conclusiones que son de provecho para el ET. Entre ellas se puede destacar que el desarrollo del trabajo conlleva un período largo de tiempo a la vez que un gran desembolso económico, por lo cual debería de aprobarse previamente a que se firmen los presupuestos generales del Estado, de esta manera se aseguraría tener el dinero suficiente para su desarrollo. El trabajo de mano de obra es arduo en tiempo, ya que es un sistema de nueva implementación en el ejército español, e incluso contando con personal cualificado, se necesitaría impartir cursos de perfeccionamiento para su instalación.

Como se ha visto anteriormente, todos los sistemas de protección activa están basados en los mismos fundamentos. Aun con esto, hay uno que destaca sobre el resto además de haber sido probado en combate real, este es el TROPHY que ha sido el elegido para implantar. Finalmente se ha elegido un sistema ya creado debido a la calidad del mismo y a la dificultad de realizar el desarrollo de un sistema propio. Como dato cabe mencionar que el sistema TROPHY ha llevado 20 años de investigación. Realizar un sistema de creación propia puede parecer sencillo debido a que la tecnología es conocida y el gasto en material es inferior a comprarlo de forma externa, pero supondría un tiempo de investigación excesivamente largo y costoso económicamente llegando a equiparar e incluso superar el presupuesto de la compra externa.

Previamente a la implementación en todos los vehículos Pizarro fase I, se instalaría en uno prototipo para asegurar la efectividad del sistema y posteriormente se procedería a extenderlo al resto de vehículos. Dicho vehículo de pruebas sería propiedad del Regimiento "Montesa" 3. Este Regimiento dispone de una gran cantidad de vehículos Pizarro y un escalón con muchos años de experiencia, a la vez que con una alta cualificación. Ellos llevarían a cabo el proceso de los cambios vehiculares, es decir, la eliminación de las cestas portaequipajes tanto laterales como traseras y la posterior instalación del sistema de protección activa.

Una vez acabado el proyecto, se podrán comprobar los beneficios que ofrece la instalación de estos sistemas, ya no solo en el vehículo Pizarro, sino en todos los vehículos militares y carros de combate. Esto permitirá aumentar las capacidades del vehículo, dotándolo de una mayor protección, lo cual influye directamente en la seguridad del personal y la moral de los militares involucrados en misiones internacionales. Además, este sistema que se propone implantar también protege a las tropas desmontadas que se encuentran en las inmediaciones del vehículo. Esto es importante, porque la tropa es el pilar sobre el que se asientan las bases del ejército y los vehículos representan un alto coste, por tanto si se consigue evitar que estos sean destruidos se acabaría ahorrando dinero a largo plazo y también mejoraría el nivel de confianza de las tripulaciones.

Una vez terminado el trabajo, es posible que se abran nuevas misiones en las que la peligrosidad sea mayor que en las actuales. Con ello se favorecería tanto a la caballería como a la infantería que son las armas principales que cuentan con el Pizarro. A mayores también se le da un incentivo al personal que quiere ir de misión debido a que las posibilidades de esto aumentarían.

Otra conclusión extraída es la actualización tecnológica que sufriría el ET en especial tanto el Regimiento "Montesa" 3 ubicado en Ceuta como el Regimiento "Alcántara" 10 de Melilla principales usuarios de este vehículo. De esta manera sería posible que entrasen en la rotación de misiones en el extranjero y sería un destino más atractivo para los militares, ya que, gran parte del personal entrevistado lo ve como un lugar de paso donde no pretenden desarrollar su vida militar.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MADOC, ET (2017). "Tendencias según especialidades. Caballería."
- [2] MADOC, ET (2017). "Tendencias según especialidades. Infantería"
- [3] LEONARDO DRS (2018). "TROPHY TM active protection and hostile fire detection system for armored vehicles. The world's first and only fully operational, combat-proven aps" Ficha de datos en la página web de LEONARDO DRS. Disponible en http://www.leonardodrs.com/media/6346/trophy_datasheet.pdf
- [4] DEAGEL (2017). "Afganit" Descripción en la web de DEAGEL. Disponible en http://www.deagel.com/Protection-Systems/Afganit_a003278001.aspx
- [5] ARMYRECOGNITION (2016). "Analysis Russian Afganit active protection system is able to intercept uranium tank ammunition TASS 11012163 | weapons defence industry military technology UK | analysis focus army defence military industry army." Artículo de análisis en la página web de ARMYRECOGNITION Disponible en https://www.armyrecognition.com/weapons_defence_industry_military_technology_uk/analysis_russian_afganit_active_protection_system_is_able_to_intercept_uranium_tank_ammunition_tass_11012163.html
- [6] MADOC, ET (2016). "MT-103 (2ª Ed.) Vehículo VCI/C PIZARRO (2ª Fase) Manual de Tripulación. Tomo II/III (Torre)."
- [7] RHEINMETALL GROUP (2018). "Reliable hardkill protection with a minimal radar signature. ADS sets the market standard for active protection technology". Sistemas y productos sobre ADS en la página web de RHEINMETALL DEFENCE Disponible en https://www.rheinmetall-defence.com/media/editor_media/rm_defence/publicrelations/pressemitteilungen/2018/2018_06_11_rheinmetall_eurosatory/englisch_1/2018-0611_Rheinmetall_Eurosatory_ADS_en.pdf
- [8] RHEINMETALL GROUP (2018). "Rheinmetall to demonstrate its ADS active protection system on US Army Strykers". Sección noticias en la página web de RHEINMETALL DEFENCE . Disponible en <http://www.ads-protection.org/news/>
- [9] RHEINMETALL GROUP (2018). "Active Defence System ADS." Sección noticias en la página web de RHEINMETALL DEFENCE. Disponible en https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/public_relations/themen_im_fokus/active_defence_system_ads/index.php#

[10] NAVARRO GARCÍA, J. M^a. (2017). "Tras la experiencia en Siria, Turquía destinará 500 millones a modernizar sus carros de combate." Artículo en DEFENSA. Disponible en <https://www.defensa.com/>

[11] "Active, short and very short range, antimissile defence system. SCUDO" (2018). LAND ARMAMENT GENERAL DIRECTORATE. Power Point recuperado del ESERCITO ITALIANO. Disponible en https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2004/armaments/DayII/SessionII/08LTC_Aimini_Anti_Missile_Systems_for_Tanks.pdf

[12] ARMY GUIDE (2018). "SCUDO". Artículo sobre SCUDO en la página web ARMY GUIDE. Disponible en <http://www.army-guide.com/eng/product4508.html>

[13] GENERAL DYNAMICS (2018). "Bright Arrow active protection system. Firepower and protection". Catálogo de Bright Arrow de los productos de la página web de GENERAL DYNAMICS. Disponible en <https://www.gd-ots.com/wp-content/uploads/2017/11/Bright-Arrow.pdf>

[14] OR7-014 "Orientaciones. Guerra contracarro." (1999). MADOC, ET.

[15] "Capacidades funcionales de los vehículos acorazados" (2015) MADOC, ET.

[16] ISRAEL NOTICIAS (2018). "Ejército de EE. UU compró el impresionante sistema israelí de defensa de tanques" Noticia en la sección IDF de la pagina web de ISRAEL NOTICIAS. Disponible en <https://israelnoticias.com/idf/ejercito-estadounidense-sistema-defensa-trophy-tanques-israeli/>

También se ha utilizado:

MATEOS, F P (2010). "Medios Acorazados españoles, Presente y Futuro". Grupo Marte, Madrid.

ANEXO A

BLINDAJE DE LA TORRE DEL VCI/C PIZARRO

El blindaje de la torre está formado íntegramente por acero soldado a la estructura. Para favorecer la protección cuenta con distintos ángulos, provocando el rebote de los proyectiles, y distintos espesores, siendo estos mayores en las zonas en las que es más probable que impacten.

Blindaje adicional exterior de la torre: este blindaje se puede cambiar por blindaje reactivo.

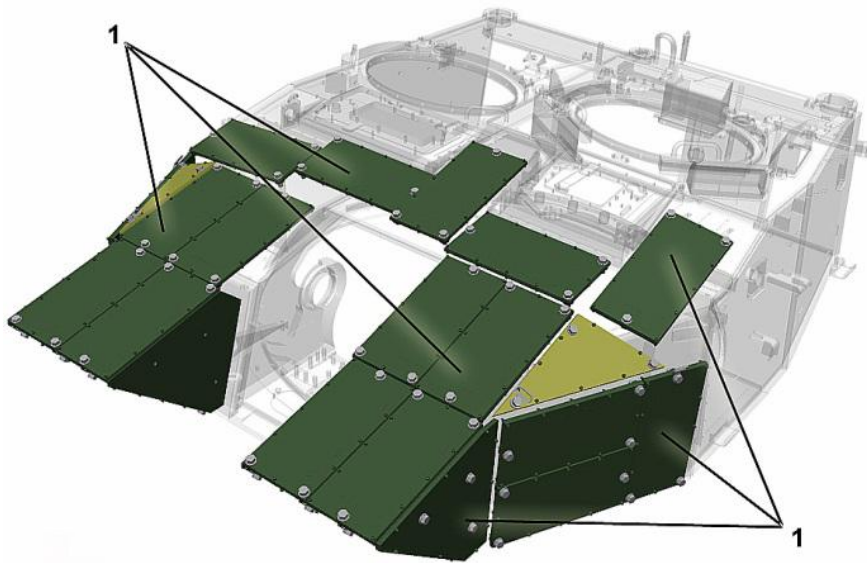


Ilustración 5: Blindaje adicional exterior de la torre. Imagen extraída del manual de tripulación [6]. 1.- Placas de blindaje inerte.

Blindaje adicional interior: última capa de protección del vehículo.

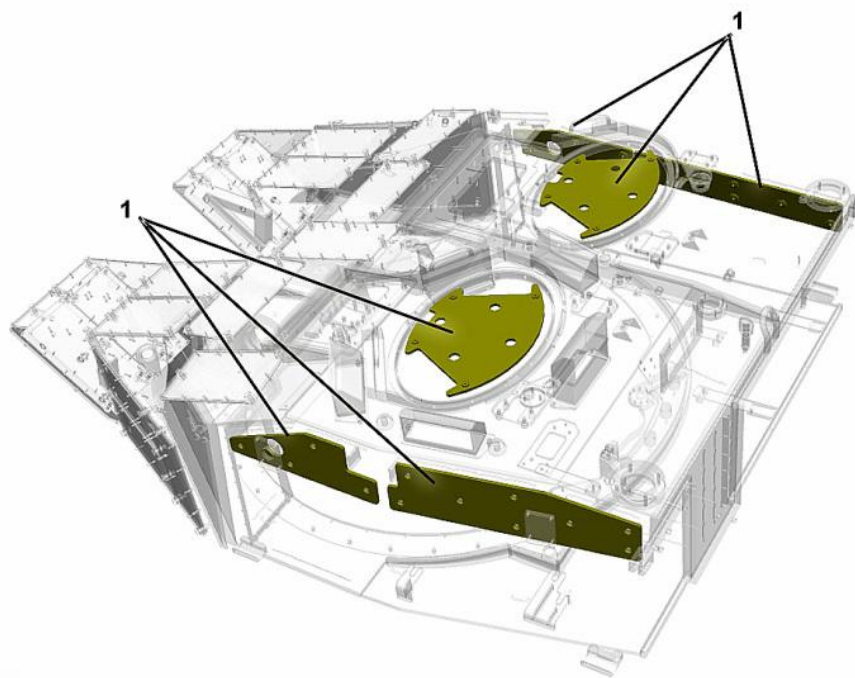


Ilustración 6: Blindaje adicional interior de la torre. Imagen extraída del manual de tripulación [6]. 1.- Planchas antiesquirlas.

ANEXO B

DISTRIBUCIÓN EXTERNA DE LA TORRE

A continuación se procederá a mostrar cómo se encuentra la torre distribuida externamente y las piezas con las que cuenta.

VISTA LATERAL IZQUIERDA

- 1.- Tubo del cañón.
- 2.- Tubo guía del cañón.
- 3.- Placas de blindaje adicional.
- 4.- Periscopio JV.
- 5.- Periscopio de observación del JV.
- 6.- Anillo soporte AM de torre.
- 7.- Soporte banderas de señales.
- 8.- Base de antena.
- 9.- Cesta de equipajes trasero.
- 10.- Cesta de equipajes izquierdo.
- 11.- Asiento del JV.
- 12.- Protectores torre.
- 13.- Junta rotativa.
- 14.- Almacén.

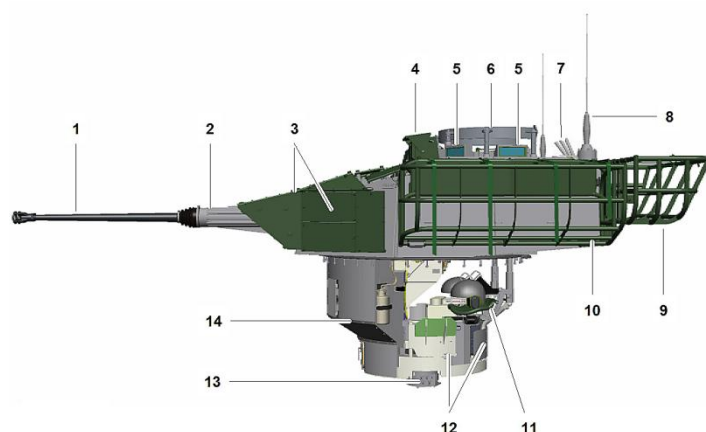


Ilustración 7: Vista lateral izquierda de la torre. Imagen extraída del manual de tripulación [6].

VISTA LATERAL DERECHA

- 1.- Soporte banderas de señales.
- 2.- Periscopios de observación del JV.
- 3.- Periscopio de observación lateral del Tirador.
- 4.- Cabeza del periscopio del Tirador.
- 5.- Placas de blindaje adicional.
- 6.- Tubo guía del cañón.
- 7.- Tubo del cañón.
- 8.- Almacén.
- 9.- Junta rotativa.
- 10.- Protector derecho.
- 11.- Asiento del Tirador.
- 12.- Batería lanzaingenios derecha.
- 13.- Cajas de almacenaje.
- 14.- Base de antena.

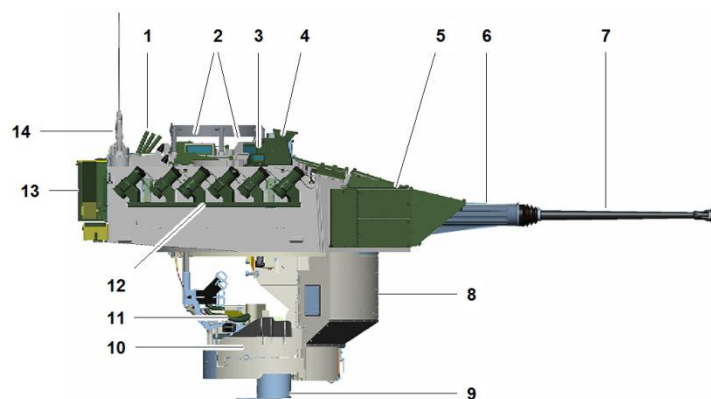


Ilustración 8: Vista lateral derecha de la torre. Imagen extraída del manual de tripulación [6].

VISTA SUPERIOR

- 1.- Tubo del cañón.
- 2.- Tubo guía del cañón.
- 3.- Placas de blindaje adicional.
- 4.- Cabeza del periscopio del Tirador.
- 5.- Periscopio de observación lateral del Tirador.
- 6.- Escotilla del Tirador.
- 7.- Orificio detector de contaminación.
- 8.- Antena GPS.
- 9.- Base de antena.
- 10.- Tapa auxiliar.
- 12.- Válvula sobrepresión NBQ.
- 13.- Periscopios de observación del JV.
- 14.- Escotilla del JV.
- 15.- Cabeza del periscopio del JV.
- 16.- Ametralladora coaxial.

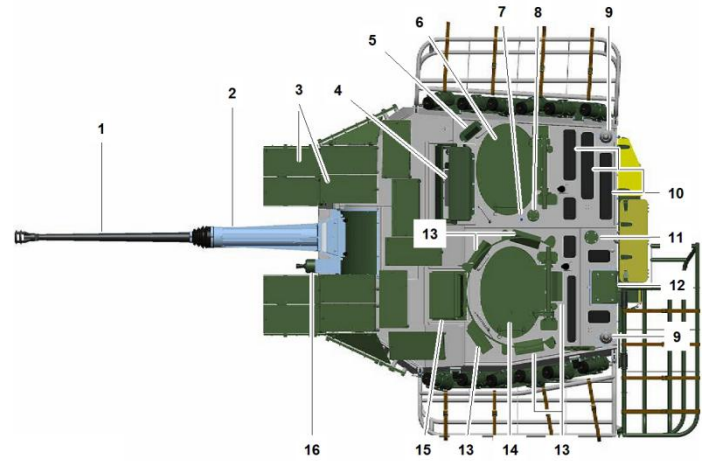


Ilustración 9: Vista superior de la torre. Imagen extraída del manual de tripulación [6].

VISTA FRONTAL

- 1.- Batería lanzaingenios derecha.
- 2.- Periscopio de observación lateral del Tirador.
- 3.- Placas de blindaje adicional.
- 4.- Protector balístico / Cabeza del periscopio del Tirador.
- 5.- Escudo del cañón.
- 6.- Periscopios de observación del JV.
- 7.- Anillo soporte AM de torre.
- 8.- Cabeza del periscopio del JV.
- 9.- Batería lanzaingenios izquierda.
- 10.- Cesta de equipajes izquierdo.
- 11.- AM coaxial.
- 12.- Cañón.
- 13.- Acceso al alojamiento del cargador de la AM coaxial.
- 14.- Acceso al almacén de recogida de vainas.
- 15.- Registro de acceso a mecanismos de la cámara de armas.
- 16.- Cesta de equipajes derecho.

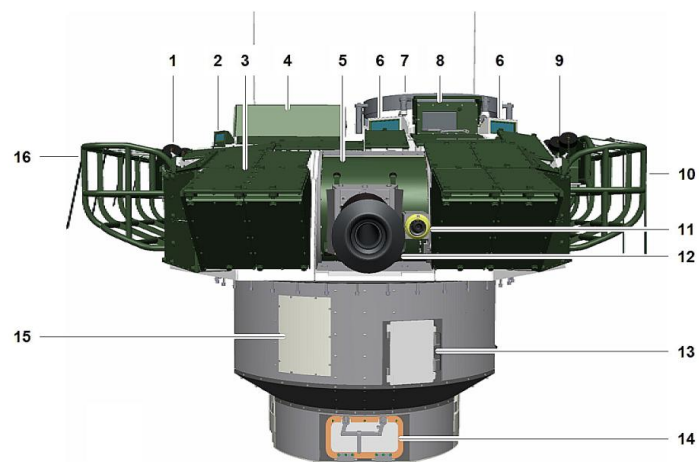


Ilustración 10: Vista frontal de la torre. Imagen extraída del manual de tripulación [6].

VISTA TRASERA

- 1.- Batería lanzaingenios izquierda.
- 2.- Base de antena.
- 3.- Anillo soporte AM de torre.
- 4.- Periscopio observación JV.
- 5.- Soporte luz rotativo.
- 6.- Argolla de elevación trasera.
- 7.- Caja artificios fumígenos de reserva.
- 8.- Cajas de almacenaje lote de a bordo.
- 9.- Batería lanzaingenios derecha.
- 10.- Cesta equipaje derecha.
- 11.- Paneles de acceso traseros.
- 12.- Asiento Tirador.
- 13.- Protector lado derecho.
- 14.- Junta rotativa.
- 15.- Protector trasero.
- 16.- Protector lado izquierdo.
- 17.- Asiento JV.
- 18.- Cesta equipaje izquierda.

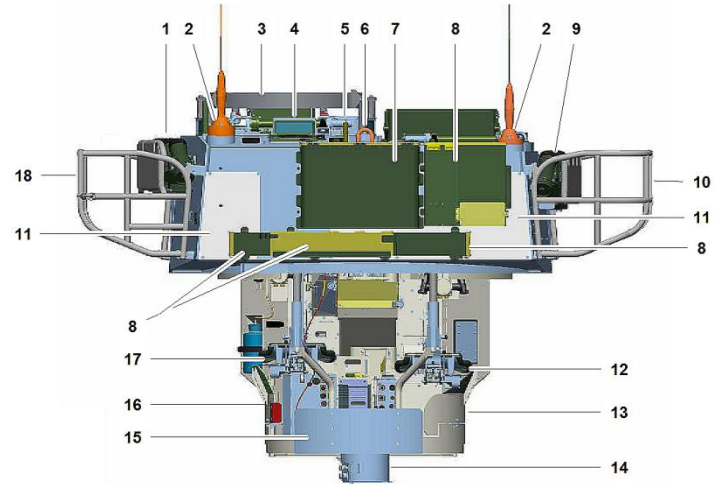


Ilustración 11: Vista trasera de la torre. Imagen extraída del manual de tripulación [6].

ANEXO C

A continuación se muestran las tablas detalladas con el diferente armamento contracarro y la munición utilizada.

LANZAGRANADAS

Nombre	País	Fase (año)	Alc. (m)	Cal. (mm)	Munición	Perfor. (mm)
Alcotán 100	ESP	DESAR	500	100	HEAT/Tándem	600
Apilas	F	USO	330/25	112	HEAT	700
AT 4	SUE	USO	300	84	HEAT	450
ARMBRUST 300	RFA	USO	300	67	HEAT	300
C 90 C	ESP	1984	200	90	HEAT	450
Carl Gustav M3	SUE	USO	300	84	HEAT	400/900
FT-5 Somchem	SUD	PROD	400		HEAT	650
LAW 80	GB	1984	500/20	94	HEAT	600
Predator	USA	1996	600	127	HEAT/Tándem	
Pzf3	RFA	USO	300/400	60/110	HEAT	700
Pzf3-T600	RFA	PROD	300/600			Coraza reactiva
RPG 7	CEI	USO	500	40/85	HEAT	320
RPG 16	CEI	USO	800	58	HEAT	
RPG 18	CEI	USO	200	64	HEAT	280
RPG 22	CEI	USO	30/250	72	HEAT	400
RPG 29 V	CEI	PROD	500	105	HEAT/Tándem	
RPG 75	CEI	PROD	300	65	HEAT	300
SMAW	EEUU	USO	300	82	HEAT	400
STRIM	F	1969	500	88,9	HEAT	480
WASP 58	F	PROD	250	58	HEAT	330

Tabla 7: Tipos de lanzagranadas contra carro. Tabla extraída de manual guerra contracarro [14].

MISILES DE PRIMERA GENERACIÓN.

Nombre	País	Fase (año)	Alc. (m)	Cal. (mm)	Munición	Perfor. (mm)
AT 1 SNAPPER	CEI	USO	500/2300	140	HEAT	300
AR 3 SAGGER	CEI	USO	500/3000	119	HEAT	400
BANTAM	SUE	OBS.	300/2000	110	HEAT	500
COBRA 2000	RFA	OBS.	400/2000	100	HEAT	500
MAMBA	RFA	OBS.	300/2000	120	HEAT	500
MATHOGO	ARG	OBS.	350/2100	102	HEAT	500
SS 11	F	OBS.	50/3000	164	HEAT	600
SWINGFIRE	GB	1969	150/4000		HEAT	
VIGILANT	GB	OBS.	200/1375		HEAT	

Tabla 8: Tipos de misiles de primera generación. Tabla extraída de manual guerra contracarro [14].

MISILES DE SEGUNDA GENERACIÓN.

Nombre	País	Fase (año)	Alc. (m)	Cal. (mm)	Munición	Perfor. (mm)
ACCP	F	1995	50/600		HEAT	
AT 4 SPIGOT	CEI	1983	2000	165	HEAT	500
AT 5 SPANDREL	CEI	USO	4000	180	HEAT	500
AT 7	CEI	USO	1000	95	HEAT	4520
BILL	SUE	1985	150/2000	150	HEAT 30º	410
DRAGON II	EEUU	USO	65/1000	127	HEAT	
ERYX	F	1995	50/600	136	HEAT TANDEM	1500
HOT	F	USO	75/4000	136	HEAT	800
HOT 2	F	USO	75/4000	150	HEAT	1300
KAM 9	JAP	1980	4000	152	HEAT	
KONKURS	CEI	USO	4000	135	HEAT	
MILAN	F	USO	2000	115	HEAT	900
MILAN 2T	F	1993	2000	115	HEAT TANDEM	más de 900
RED ARROW 8	CHI	USO	200/3000	120	HEAT	más de 900
TOW 2	USA	1983	65/3750	152	HEAT TANDEM	800

Tabla 9: Tipos de misiles de segunda generación. Tabla extraída de manual guerra contracarro [14].

MISILES DE TERCERA GENERACIÓN.

Nombre	País	Fase (año)	Alc. (m)	Cal. (mm)	Munición	Perfor. (mm)
ADATS	OTAN	1985	8000	152		900
ADKEM	EEUU	DESAR	300/6000		KE	
AT 2 SWATTER	CEI	USO	500/3500	150	HEAT	500
AT 6	CEI	USO	5000	130	HEAT	700
AT 8	CEI	USO	1000/4000	120	EFP	700
AT 14 KHRY	CEI	DESAR	6000			
CHU MAT	JAPON	DESAR	3500	120	HEAT	
FOG M	EEUU	USO	10000		HEAT	
HELLFIRE	EEUU	USO	8000		HEAT TANDEM	
JAVELIN	GB	1988	5500	76	FRAGM.	
JAVELIN	EEUU	1996	2000	127	HEAT TANDEM	
KEM	EEUU	DESAR			KE	
KORNET	CEI	USO	5500	152	HEAT	1200
MAC MP	EEUU	DESAR				
MACAM 3	EEUU/ESP	DESAR	150/5000		HEAT TANDEM	
MAPATS	ISR	USO	5000	144	HEAT TANDEM	800
NAG	IND	DESAR	4000		HEAT TANDEM	
POLIPHEM	RAF/F	DESAR	15 K/60 K		HEAT	

SHTURM S	CEI	USO	400/7000	130	HEAT TANDEM	950
TRIGAT MA	F/GB/RFA	DESAR	200/2000	150	HEAT TANDEM	
TRIGAT LA	F/GB/RFA	DESAR	500/8000	150	HEAT TANDEM	
ZT 35	SA	DESAR	500/8000	127	HEAT TANDEM	1000

Tabla 10: Tipos de misiles de tercera generación. Tabla extraída de manual guerra contracarro [14].

CAÑONES CONTRA CARRO.

Nombre	País	Fase (año)	Alc.(m)	Cal. (mm)	Munición	Perfor (mm)
C 25	BEL	USO	2000	25	APDS	
FOLGORE	IT	USO	1000	80	HEAT	
HVMS	ISR	USO	2000	60	APFSDS	
L/70 B	SUE	1994	2000	40	APFSDS	
SPG 9	CEI	USO	1000	73	HEAT	400

Tabla 11: Tipos de cañones contra carro. Tabla extraída de manual guerra contracarro [14].

ANEXO D

ENCUESTA

A partir de la información proporcionada en las hojas adjuntas clasifique las siguientes municiones en función de la peligrosidad que usted le asigne. Tenga en cuenta las posibilidades que usted cree de que le puedan hacer fuego con este tipo de munición en operaciones.

Tipo de munición	Nivel de peligrosidad.
Munición APDS	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Munición APFSDS	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Munición HEAT	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Carga hueca en tandem	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Carga hueca protegida	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Munición EFP-SFP	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Munición PELE	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Munición HESH	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Munición multipropósito	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Munición canister	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Munición STAFF	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Munición STUN	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5
Munición APAM	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5

Indique su puesto en el vehículo

☐ Jefe de vehículo ☐ Tirador ☐ Conductor ☐ Explorador